



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Pat ntschrift
⑩ DE 39 16 962 C 2

⑤1 Int. Cl.⁵:
G 02 B 6/42
G 02 B 6/12
H 01 S 3/19
H 01 L 33/00

⑳1 Aktenzeichen: P 39 16 962.6-51
⑳2 Anmeldetag: 24. 5. 89
⑳3 Offenlegungstag: 29. 11. 90
⑳5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 17. 6. 92

DE 39 16 962 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

⑦2 Erfinder:
Thulke, Wolfgang, Dr.rer.nat., 8000 München, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
Nobuo MATSUMOTO and Kenji KUMABE:
AlGaAs-GaAs Semiconductor Ring Laser. In: Jap. J.
of Appl. Physics, Vol. 16, Nr. 8, (1977), S. 1395-1398;
SANSONETTI;
P., et.al: »Low-threshold GaAs/GaAlAs buried
heterostructure laser with a ion-beam-etched
quarter ring cavity«. In: Electronics Letters,
Vol. 23(1987), S. 485-487;
Y. Abe, K. Kishino, Y. Suematsu, S. Arai:
»GaInAsP/InP integrated laser with butt-jointed
built-in distributed-Bragg reflector waveguide«. In:
Electron. Letters, Vol. 17(1981), S. 945-947;
Y. Thomori, X. Jiang, S. Arai, F. Koyama, Y.
Suematsu: »Novel Structure GaInAsP/InP 1,5 1,5 - 1,6
µm Bundle-Integrated-Guide (BIG) Distributed
Bragg Reflector Laser« In: Jap. J. Appl. Phys.,
Vol. 24(1985) S. 399-401;
TANBUN-EK,T., et.al.: »Low threshold current cw
operation of GaInAsP/InP buried heterostructure
distributed Bragg-reflector integrated-twin-guide
laser emitting at 1,5 - 1,6 µm«, Electron. Letters
Vol. 17 (1981);

⑤4 Monolithisch integrierte Laserdiode-Wellenleiter-Kombination

DE 39 16 962 C 2

Die monolithische Integration von Halbleiterlasern und anderen optischen und optoelektronischen Bauelementen ist im Hinblick auf einfache Fertigung, größere Zuverlässigkeit und größere Kapazität optischer Nachrichtenübertragungssysteme notwendig. Wesentliche Merkmale integrierbarer Laserdioden sind der Ersatz der üblicherweise mit Kristallbruchkanten identischen Resonatorspiegel durch geätzte Spiegel oder andere Rückkopplungselemente und die Ankopplung an einen verlustarmen integrierten passiven Wellenleiter, der dem optischen Anschluß anderer integrierter Komponenten und dem Auskoppeln des Lichtsignals aus der integrierten Schaltung dient.

Das dabei auftretende Problem ist die monolithische Integration von Laserdioden mit passiven Wellenleitern an beliebigen Orten auf einem großflächigen Halbleitersubstrat bei gleichzeitiger Erfüllung der Forderungen nach geringem Schwellenstrom der Laserdiode und einfacher Herstellbarkeit. Geringe Schwellenströme erfordern eine Begrenzung der Länge des laseraktiven Anteils des Resonators. Einfache Herstellbarkeit ist zu erwarten, wenn die Herstellung wenige Epitaxieprozesse und Justierungen bei den Fotolithografieprozessen erfordert. Eines der Hauptanwendungsgebiete für monolithisch integrierte Laserdioden wird in den Teilnehmeranschlüssen lokaler Nachrichtennetze gesehen. Für deren kurze Übertragungsstrecken ist ein dynamisch einmodiges Emissionsspektrum des Senders nicht erforderlich.

Die monolithische Integration von Laserdioden mit passiven Wellenleitern wird bisher auf folgende Weisen erreicht:

1. Die Laserdiode wird mit viertelkreisförmig gekrümmtem aktivem Resonator so auf dem Halbleitersubstrat angeordnet, daß die Resonatorenenden mit zwei senkrecht aufeinanderstehenden Kristallbruchkanten zusammenfallen (P. Sansonetti et al.: "Low-threshold GaAs/GaAlAs buried heterostructure laser with a ion-beam-etched quarter ring cavity" in Electronics Letters 23 (1987), pp. 485 - 487). Der passive Wellenleiter liegt über oder unter einem längeren geraden Teilstück des aktiven Resonators; das Licht wird evaneszent in den Wellenleiter eingekoppelt. Nachteile dieser Struktur sind: Der Laser muß in den Ecken des Substrats liegen; außerdem kann die fotolithografische Definition des Lasers nur getrennt von der des Wellenleiters erfolgen, so daß eine zweidimensionale Justierung in engen Toleranzen erforderlich ist.
2. Die Rückkopplung mit Hilfe von Spiegelflächen wird ersetzt durch eine verteilte Rückkopplung. Dies wird durch den Einbau eines oberflächengitters in die Laserstruktur (DFB-Laser) oder in den passiven Wellenleiter (DBR-Laser) realisiert. Das Gitter, dessen Periode in der Regel kürzer als 1 µm sein muß, bewirkt eine periodische Variation der effektiven Brechzahl. Für die Lage des Gitters bezüglich der laseraktiven Zone und für die Ankopplung des Wellenleiters gibt es eine Vielzahl verschiedener Möglichkeiten, deren wesentliche Nachteile in dem herstellungstechnischen Aufwand und der von der Gitterqualität abhängigen geringen Ausbeute zu sehen sind.

In der Veröffentlichung von N. Matsumoto und K.

Kumabe: "AlGaAs-GaAs Semiconductor Ring Laser" in Jap. J. of Appl. Physics 16, 1395 bis 1398 (1977) ist ein Ringlaser beschrieben, bei dem ein ringförmig ausgebildeter Laserresonator in Doppelheterostruktur hergestellt wurde. Auf Seite 1397 dieser Veröffentlichung ist außerdem ein Ausgangskoppler für einen solchen Ringlaser erwähnt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, einen Aufbau für eine monolithisch integrierte Laserdiode-Wellenleiter-Kombination anzugeben, die mit möglichst wenigen Prozeßschritten herstellbar ist.

Diese Aufgabe wird mit der Laserdiode-Wellenleiter-Kombination mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Es folgt eine Beschreibung der Erfindung anhand der Fig. 1 bis 6.

Fig. 1 zeigt den Resonator einer erfindungsgemäßen Laserdiode-Wellenleiter-Kombination in der Aufsicht.

Fig. 2 zeigt den erfindungsgemäßen Aufbau in den in Fig. 1 bezeichneten Querschnitten.

Fig. 3 und 4 zeigen verschiedene Schritte in den erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren im Querschnitt bzw. in Aufsicht.

Fig. 5 zeigt eine perspektivische Aufsicht entsprechend dem in Fig. 3c dargestellten Aufbau.

Fig. 6 zeigt zwei Querschnitte zu dem Herstellungsverfahren eines alternativen Aufbaus.

Der erfindungsgemäße Aufbau ist in Fig. 1 in schematischer Aufsicht dargestellt. Er besteht aus einem ringförmigen als Wellenleiter ausgebildeten Resonator, der aus einem aktiven Teil 1 und einem passiven Teil 2 besteht und der über eine Gabelung 21 in einen weiteren Wellenleiter 22 einmündet. Der passive Teil 2 dieses Ringresonators dient der Rückkopplung der im aktiven Teil 1 erzeugten Strahlung. Aus diesem Ringresonator wird die Strahlung über die Gabelung 21 in den weiteren Wellenleiter 22 ausgekoppelt und kann über ein Auskoppelende 23 aus dem Bauelement ausgekoppelt werden. Die Verwendung eines Ringresonators, der in einen aktiven Teil 1 und einen passiven Teil 2 aufgeteilt ist, ist ein wesentliches Merkmal der Erfindung. Die Länge des aktiven Teils 1 kann unabhängig von dem Radius oder sonstigen Abmessungen des Ringresonators so gewählt werden, daß die Schwellenströme hinreichend klein sind.

In Fig. 1a ist ein kreisförmiger Ringresonator dargestellt, dessen eine Hälfte den aktiven Teil 1 und dessen andere Hälfte den passiven Teil 2 bilden. Der weitere Wellenleiter 22 ist über die Gabelung 21 an diesen kreisförmigen Ringresonator angeschlossen; die Strahlung kann an dem Auskoppelende 23 aus diesem weiteren Wellenleiter ausgekoppelt werden. In Fig. 1b ist der gleiche kreisförmige Ringresonator in einem Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem der aktive Teil 1 fast den gesamten Resonator umfaßt und der passive Teil 2 ein dazu vergleichsweise kurzes Stück um die Gabelung 21.

In Fig. 2 ist der erfindungsgemäße Aufbau in den beiden in Fig. 1a eingezeichneten Querschnitten dargestellt. Fig. 2a zeigt den Ringresonator im Querschnitt an der Stelle, an der der aktive Teil 1 und der passive Teil 2 aneinanderstoßen. Der Ringresonator ist, wie in Fig. 2b dargestellt, durch eine untere erste Mantelschicht 4 und eine zweite Mantelschicht 5 begrenzt. Der Anteil 51 dieser zweiten Mantelschicht 5 oberhalb des passiven Teiles 2 ist in Fig. 2b durch zwei senkrechte gestrichelte Linien angedeutet. Der entsprechende Anteil der zweiten Mantelschicht 5 über dem aktiven Teil 1 ist gegen-

über dem Material der unteren ersten Mantelschicht 4 entgegengesetzt dotiert und bildet eine dritte Mantelschicht 3.

Die Brechzahlen n_1 bzw. n_2 des aktiven Teils 1 bzw. des passiven Teils 2 müssen größer als die Brechzahlen n_3 bzw. n_4 der Materialien der zweiten und dritten Mantelschicht 3, 5 bzw. der unteren ersten Mantelschicht 4 sein, um die Wellenleitereigenschaft des Ringresonators sicherzustellen. Die Bandlückenenergien E_2 , E_3 und E_4 des passiven Teiles 2 bzw. der Mantelschichten 3, 4, 5 müssen größer als die Bandlückenenergie E_1 des aktiven Teils 1 sein, damit diese Bereiche für das im aktiven Teil 1 erzeugte Licht transparent sind. Die reflexionsarme Einkopplung des Lichts in den passiven Resonator erfordert eine Angleichung der effektiven Brechzahlen n_{eff1} im aktiven Teil 1 und n_{eff2} im passiven Teil 2. Für die laterale Wellenführung ist es außerdem erforderlich, daß die effektive Brechzahl n_{eff3} außerhalb des Ringresonators und des weiteren Wellenleiters 22 kleiner als die Brechzahlen n_{eff1} und n_{eff2} ist. Diese Materialeigenschaften lassen sich z.B. in Verbindungshalbleitern (z.B. GaAs/GaAlAs oder InP/InGaAsP) durch geeignete Wahl der Zusammensetzungen realisieren.

Die dritte Mantelschicht 3 und die untere erste Mantelschicht 4 zumindest unterhalb des aktiven Teiles 1 sind für einander entgegengesetzte elektrische Leitfähigkeit dotiert. Mögliche weitere Schichten sowie die auf den aktiven Teil 1 zu beschränkenden elektrischen Kontakte entsprechen denen üblicher Laserdioden. Für die Angleichung der effektiven Brechzahlen n_{eff1} und n_{eff2} zum verlustlosen Übergang zwischen aktivem und passivem Teil gibt es verschiedene Möglichkeiten, von denen im Falle des vorstehend beschriebenen Aufbaues mit direkter Kopplung insbesondere die BJB-Struktur (Y. Abe, K. Kishino, Y. Suematsu, S. Arai: "GaInAsP/InP integrated laser with butt-jointed built-in distributed-Bragg reflector waveguide", Electron. Letters 17 (1981), pp. 945 bis 947) und die BIG-Struktur (Y. Tohmori, X. Jiang, S. Arai, F. Koyama, Y. Suematsu: "Novel Structure GaInAsP/InP 1,5–1,6 μ m Bundle-Integrated-Guide (BIG) Distributed Bragg Reflector Laser", Jap. J. Appl. Phys. 24 (1985), pp. 399 bis 401) in Frage kommen.

In dem erfindungsgemäßen Aufbau lassen sich auch alternative Kopplungsprinzipien wie z.B. Phasenkopplung (ITG-Struktur; Y. Suematsu, M. Yamada, K. Hayashi: "A multi-hetero AlGaAs laser with integrated twin guide", Proc. IEEE 63 (1975), p. 208; T. Tabun-ek, S. Arai, F. Koyama, K. Kishino, S. Yoshizawa, T. Watanabe, Y. Suematsu: "Low threshold current cw operation of GaInAsP/InP buried heterostructure distributed Bragg-reflector integrated-twin-guide laser emitting at 1,5–1,6 μ m", Electron. Letters 17 (1981), pp. 967 bis 968) und evaneszente Kopplung (LOC-Struktur; J. C. Campbell, D.W. Bellavance: "Monolithic laser/waveguide coupling by evanescent fields", IEEE J. QE 13 (1977) pp. 253 bis 255; M.B. Chang, E. Garmire: "Optimum epilayer structure for integrated optics lasers", Appl. Opt. 19 (1980), pp. 2370 bis 2374; J.L. Merz, R.A. Logan: "Integrated GaAs-Al_xGa_{1-x}As injection lasers and detector with etched reflectors", Appl. Phys. Lett. 30 (1977), pp. 530 bis 533) realisieren.

In diesem Fall liegen der aktive Teil 1 und der passive Teil 2 vertikal übereinander. Der passive Teil 2 umfaßt den vollständigen Ringresonator, und der aktive Teil 1 bildet einen weiteren Ringresonator, der über dem Ringresonator des passiven Teils 2 angeordnet ist. Es ist nicht notwendig, daß der Ringresonator jeweils kreisförmig ist. Die Mittellinie des aktiven Teiles 1 bildet eine

ebene Kurve, die an den Enden dieses aktiven Teils 1 endet. Entsprechend bildet die Mittellinie des passiven Teiles 2 eine Kurve, die entweder an den Enden dieses passiven Teiles 2 endet oder, wie im zweiten Ausführungsbeispiel, bei dem der passive Teil 2 den gesamten Ringresonator umfaßt, geschlossen ist. In jedem Fall liegen die erste Kurve und die zweite Kurve jeweils in einer Ebene und bilden in der Aufsicht, d.h. der vertikalen Projektion (senkrecht zu einem Substrat, auf das die verschiedenen Schichten aufgewachsen sind) eine geschlossene Kurve. Diese Kurve ist in dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 ein Kreis. In dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1a sind die erste Kurve und die zweite Kurve jeweils ein Halbkreis.

Es folgt die Beschreibung eines Herstellungsverfahrens für einen erfindungsgemäßen Aufbau gemäß den Fig. 3 bis 6. In den Fig. 3 und 6 sind jeweils Querschnitte, in den Fig. 4 und 5 Aufsichten dargestellt. In Ergänzung zu dem anhand von Fig. 1 beschriebenen Ausführungsbeispiel mit direkter Kopplung wird im folgenden zunächst die Herstellung eines Aufbaus beschrieben, bei dem der passive Teil 2 den gesamten Ringresonator umfaßt und der aktive Teil 1 in der Aufsicht einen Anteil dieses Ringresonators überdeckt.

Im ersten Herstellungsschritt werden eine Wellenleiterschicht 12, eine Ätzstoppschicht 7, eine aktive Schicht 11 und eine obere erste Mantelschicht 8 ganzflächig auf ein Substrat 6, das die untere Mantelschicht darstellt, (oder auf eine untere erste Mantelschicht 4) aufgewachsen. Auf die Ätzstoppschicht 7 kann gegebenenfalls verzichtet werden.

Der hergestellte Aufbau nach Fig. 3a bzw. Fig. 4a wird nachfolgend durch selektives Ätzen, bei dem die Wellenleiterschicht 12 nicht angegriffen wird, bearbeitet. Dabei wird von der aktiven Schicht 11 und der oberen ersten Mantelschicht 8 ein solcher Anteil weggeätzt, daß der Bereich, in dem nur der passive Teil 2 des Ringresonators vorgesehen ist, vollständig freigeätzt ist und mindestens der für den aktiven Teil 1 vorgesehene Anteil der aktiven Schicht 11 stehenbleibt. In Fig. 3b bzw. 4b ist dieser Herstellungsschritt dargestellt für die Herstellung eines Ringresonators mit der in Fig. 1a in Aufsicht dargestellten Form.

Wie in Fig. 4b ersichtlich ist in dem ersten Ätzschritt etwa die Hälfte der aktiven Schicht 11 und der oberen ersten Mantelschicht weggeätzt worden. In einem weiteren Ätzschritt wird nun anisotrop der Schichtaufbau bis in das Substrat 6 hinein geätzt, so daß die ringförmige Struktur, die in Fig. 5 in perspektivischer Aufsicht dargestellt ist, übrigbleibt. Von der Wellenleiterschicht 12 ist der ringförmige Anteil des passiven Teiles 2 mit der Gabelung 21 und dem weiteren Wellenleiter 22 mit Ankoppelende 23 übrig. Darauf befindet sich gegebenenfalls der entsprechende Anteil der Ätzstoppschicht 7 und der halbringförmige aktive Teil 1 als Rest der aktiven Schicht 11 mit der darauf befindlichen dritten Mantelschicht 3 als Rest der oberen ersten Mantelschicht 8.

Der damit hergestellte Aufbau nach Fig. 3c bzw. 4c wird anschließend mit einer zweiten Mantelschicht 5 überwachsen, so daß der aktive Teil 1, der passive Teil 2 und der weitere Wellenleiter 22 ringsum von Halbleitermaterial eingeschlossen sind. Dabei bleibt allerdings das Ankoppelende 23 für das Auskoppeln der Strahlung frei. Ein erster Kontakt 9 wird auf der Unterseite des Substrates 6 aufgebracht; ein zweiter Kontakt 10 wird auf der dritten Mantelschicht 3 oberhalb des aktiven Teiles 1 aufgebracht. Die Materialien sind so dotiert worden, daß die dritte Mantelschicht 3 einen gegenüber

dem Substrat 6 entgegengesetzten Leitfähigkeitstyp aufweist. Bei ausreichend niedriger Dotierung der zweiten Mantelschicht 5 kann auf die halbringförmige Strukturierung dieses zweiten Kontaktes 10 verzichtet werden.

Bei der Herstellung einer erfindungsgemäßen Laserdiode-Wellenleiter-Kombination mit direkter Kopplung entsprechend Fig. 1 und 2 entfällt das Aufwachsen einer ganzflächigen Wellenleiterschicht 12 im ersten Schritt. Stattdessen wird nach dem teilweisen Abätzen der aktiven Schicht 11 und der darüber befindlichen oberen ersten Mantelschicht 8 auf dem damit freigelegten Teil des Substrates 6 bzw. einer die Oberfläche dieses Substrates 6 bildenden Ätzstoppschicht 7 eine Wellenleiterschicht auf gleicher Höhe mit der aktiven Schicht 11 aufgewachsen. Nach dem Durchführen des Ätzschrittes zur Herstellung der ringförmigen Struktur ergibt sich der Aufbau nach Fig. 6a. Eine perspektivische Aufsicht auf diesen Aufbau entspräche etwa Fig. 5, allerdings mit dem Unterschied, daß der aktive Teil 1 den linken, unter der dritten Mantelschicht 3 befindlichen Anteil des Ringresonators bildet. Der passive Teil 2 nimmt nur denjenigen Bereich des Ringresonators ein, der nicht von der dritten Mantelschicht 3 bedeckt wird. Die sich ergebende Struktur wird entsprechend mit einer zweiten Mantelschicht 5 aufgefüllt und die Substratunterseite mit einem ersten Kontakt 9 und die dritte Mantelschicht 3 mit einem ringförmigen zweiten Kontakt 10 versehen.

Auch hier muß die dritte Mantelschicht 3 eine gegenüber dem Substrat entgegengesetzte Dotierung aufweisen.

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens und der damit hergestellten Laserdiode-Wellenleiter-Kombination liegt in der Einsparung einer zusätzlichen Justierung. Nach dem ersten Ätzschritt ist die Oberfläche der Schichtstruktur entsprechend Fig. 4b in einen Anteil mit dem verbleibenden Rest der oberen ersten Mantelschicht 8 und einen Anteil, auf dem die Oberfläche der Ätzstoppschicht 7 bzw. der Wellenleiterschicht 12 freigelegt ist, aufgeteilt. Die Kante der oberen ersten Mantelschicht 8 an der Grenze dieser beiden Anteile der Schichtoberfläche (in Fig. 4b durch die etwa in der Mitte verlaufende gerade Linie bezeichnet) dient in einem folgenden Ätzschritt für die Justierung des aktiven Teiles 1. Der den Ringresonator bildende Ring der Wellenleiterschicht 12 und der aktiven Schicht 11 wird auf diese zuvor geätzte Kante der oberen ersten Mantelschicht 8 justiert, so daß die Länge des aktiven Teiles 1 durch die relative Lage des Ringes bzw. der geschlossenen Kurve bezüglich dieser Kante gegeben ist.

Patentansprüche

1. Monolithisch integrierte Laserdiode-Wellenleiter-Kombination mit einem aktiven Teil (1) und einem daran angekoppelten passiven Teil (2), der als Wellenleiter ausgebildet ist, wobei der aktive Teil (1) längs einer ebenen ersten Kurve verläuft und der passive Teil (2) längs einer ebenen zweiten Kurve verläuft, **dadurch gekennzeichnet**,

- daß die vorgenannten Kurven in zueinander parallelen Ebenen liegen,
- daß sich die vorgenannten Kurven in der senkrecht zu diesen Ebenen gerichteten Projektion zu einer geschlossenen Kurve ergänzen und

– daß eine Gabelung (21) vorhanden ist, über die der passive Teil (2) mit einem weiteren Wellenleiter (22) verbunden ist.

2. Laserdiode-Wellenleiter-Kombination nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der aktive Teil (1) und der passive Teil (2) in derselben Ebene liegen und mit den Enden aneinander anstoßen.

3. Laserdiode-Wellenleiter-Kombination nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die geschlossene Kurve ein Kreis ist.

4. Verfahren zur Herstellung einer Laserdiode-Wellenleiter-Kombination nach Anspruch 1 mit den Verfahrensschritten,

– daß in einem ersten Schritt auf ein für einen ersten Leitfähigkeitstyp dotiertes Substrat (6) ganzflächig eine Wellenleiterschicht (12), eine aktive Schicht (11) und eine obere erste Mantelschicht (8), die für einen entgegengesetzten zweiten Leitfähigkeitstyp dotiert ist, aufgewachsen werden,

– daß in einem zweiten Schritt in einem Bereich, der mindestens den zu der Projektion der ersten Kurve komplementären Anteil der geschlossenen Kurve überdeckt, die aktive Schicht (11) und die obere erste Mantelschicht (8) weggeätzt werden,

– daß in einem dritten Schritt eine anisotrope Ätzung mindestens bis zur Oberfläche des Substrates (6) vorgenommen wird,

– daß nach diesem Ätzschritt von der Wellenleiterschicht (12) der passive Teil (2) und der weitere Wellenleiter (22) übrigbleiben und von der aktiven Schicht (11) der aktive Teil (1) übrigbleibt und

– daß in einem vierten Schritt eine zweite Mantelschicht (5) aufgewachsen wird, die den aktiven Teil (1), den passiven Teil (2) und den weiteren Wellenleiter (22) mit Ausnahme eines Ankoppelendes (23) vollständig einschließt.

5. Verfahren zur Herstellung einer Laserdiode-Wellenleiter-Kombination nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

– daß in einem ersten Schritt auf ein für einen ersten Leitfähigkeitstyp dotiertes Substrat (6) ganzflächig eine aktive Schicht (11) und eine obere erste Mantelschicht (8), die für einen entgegengesetzten zweiten Leitfähigkeitstyp dotiert ist, aufgewachsen werden,

– daß in einem zweiten Schritt in einem zu der ersten Kurve komplementären Bereich, der mindestens die zweite Kurve überdeckt, die aktive Schicht (11) und die obere erste Mantelschicht (8) weggeätzt werden,

– daß in einem dritten Schritt eine Wellenleiterschicht (12) in der Ebene der aktiven Schicht (11) aufgewachsen wird,

– daß in einem vierten Schritt eine anisotrope Ätzung mindestens bis zur Oberfläche des Substrates (6) vorgenommen wird,

– daß nach diesem vierten Schritt von der aktiven Schicht (11) der aktive Teil (1) übrigbleibt und von der Wellenleiterschicht (12) der passive Teil (2) und der weitere Wellenleiter (22) übrigbleiben und

– daß in einem fünften Schritt eine zweite Mantelschicht (5) aufgewachsen wird, die den aktiven Teil (1), den passiven Teil (2) und den weiteren Wellenleiter (22) mit Ausnahme eines

Ankoppelendes (23) vollständig einschließt.

6. Verfahren zur Herstellung einer Laserdioden-Wellenleiter-Kombination nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

– daß in einem ersten Schritt auf ein für einen ersten Leitfähigkeitstyp dotiertes Substrat (6) ganzflächig eine Wellenleiterschicht (12) aufgewachsen wird,

– daß in einem zweiten Schritt diese Wellenleiterschicht (12) so weit weggeätzt wird, daß der aktive Teil (1), der passive Teil (2) und der weitere Wellenleiter (22) übrigbleiben,

– daß in einem dritten Schritt eine zweite Mantelschicht (5) aufgewachsen wird, die den aktiven Teil (1), den passiven Teil (2) und den weiteren Wellenleiter (22) mit Ausnahme eines Ankoppelendes (23) vollständig einschließt und

– daß diese Mantelschicht (5) oberhalb des aktiven Teiles (1) und bis auf diesen hinabreichend durch Eindiffusion für elektrische Leitung eines entgegengesetzten zweiten Leitungstyps dotiert wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

FIG 1a

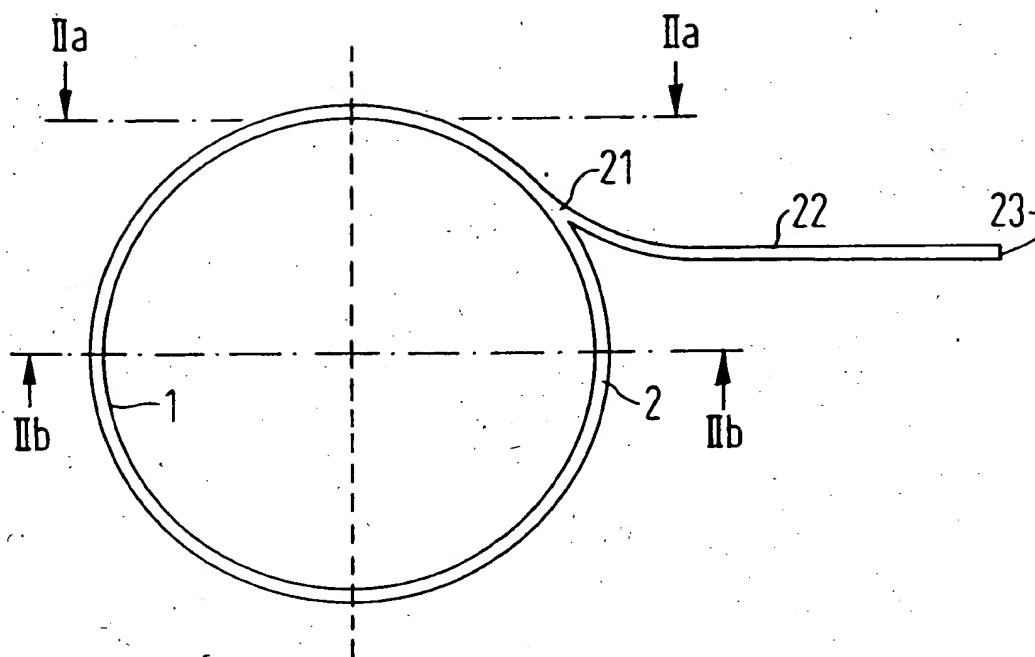


FIG 1b

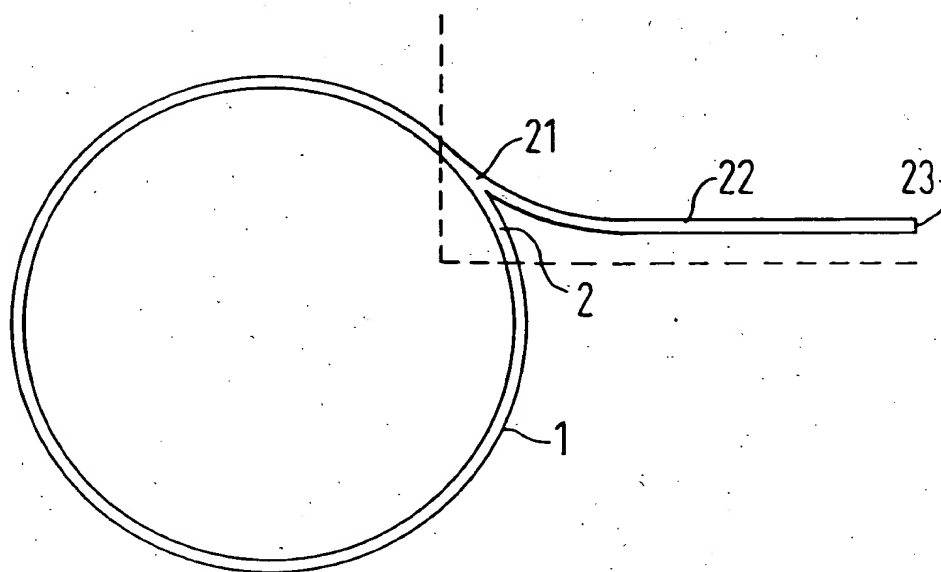


FIG 2a

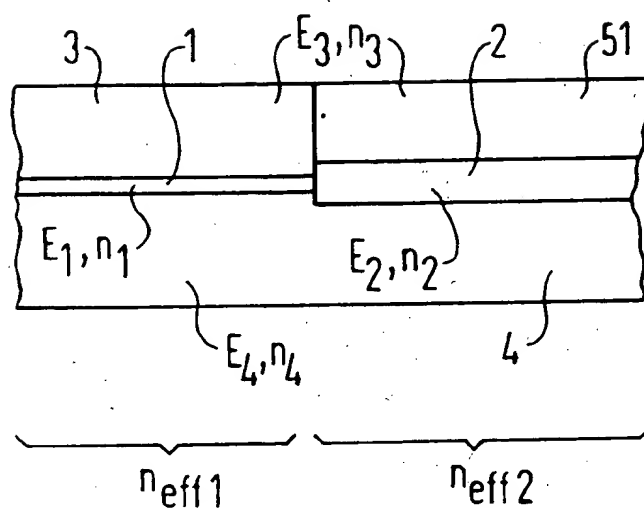


FIG 2b

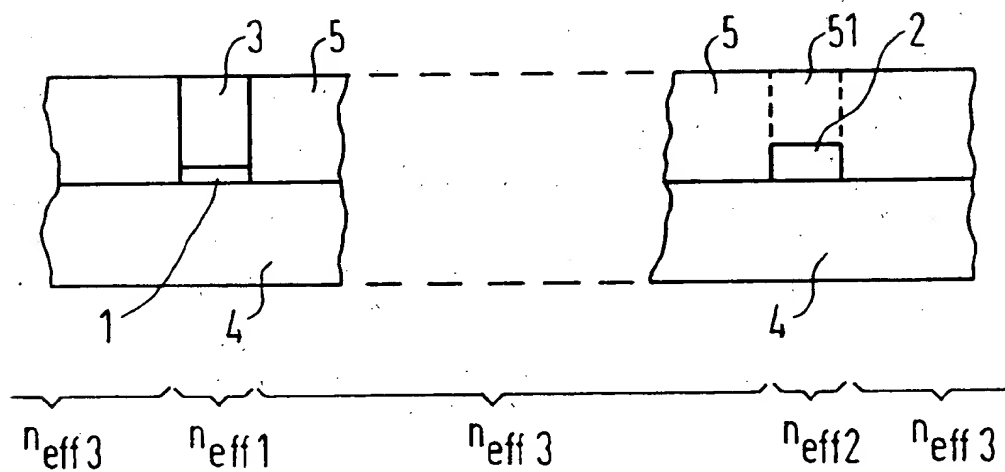


FIG 3a

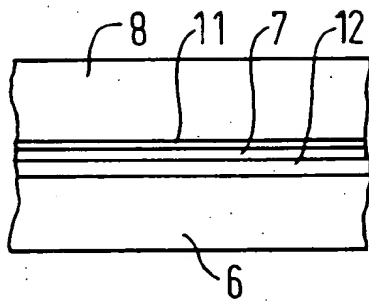


FIG 3b

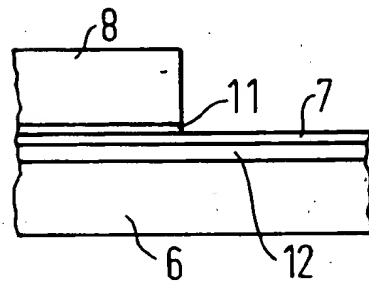


FIG 3c

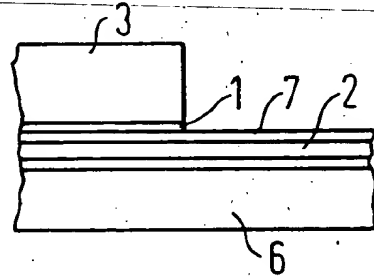


FIG 3d

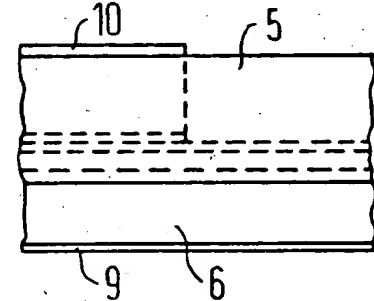


FIG 4a

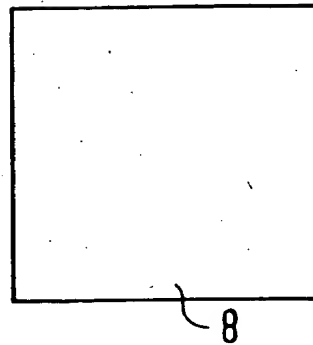


FIG 4b

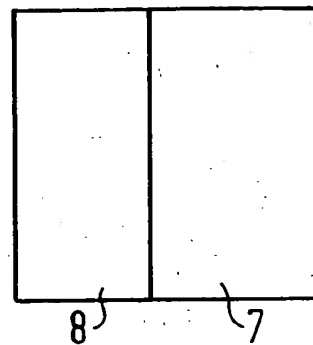


FIG 4c

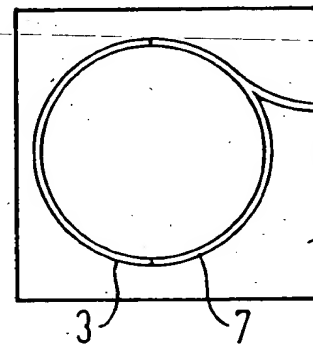


FIG 4d

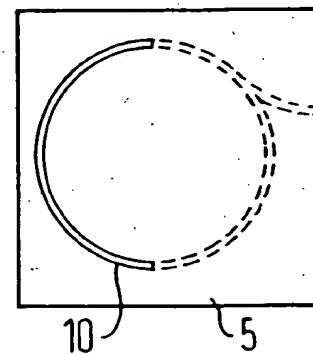


FIG 5

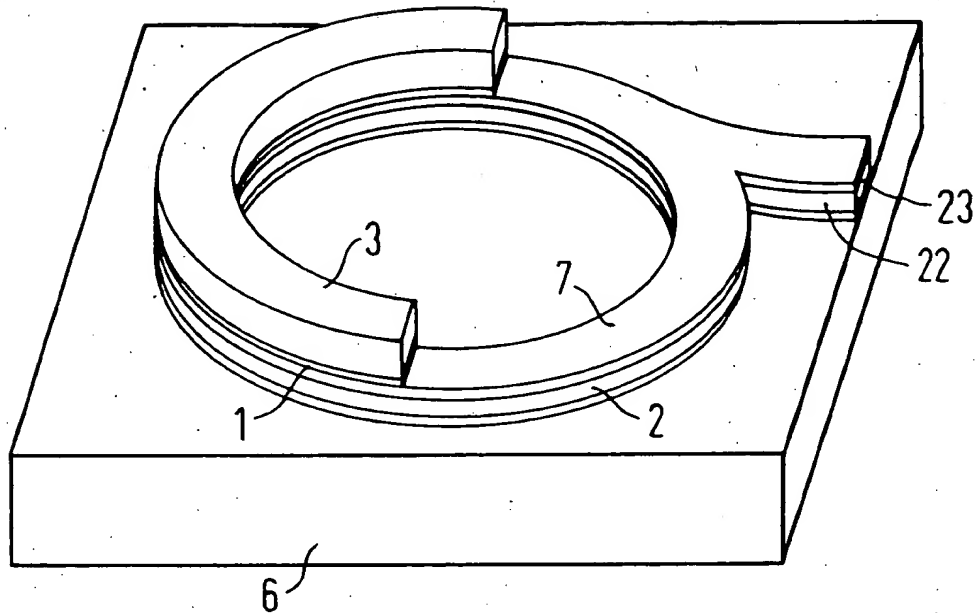


FIG 6a

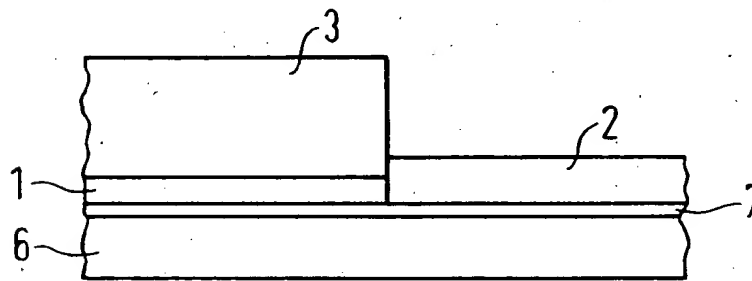


FIG 6b

